

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-015449

(43)Date of publication of application : 17.01.1997

---

(51)Int.Cl.

G02B 6/36

---

(21)Application number : 07-163973

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 29.06.1995

(72)Inventor : KOBAYASHI YOSHIHIRO

---

## (54) FERRULE FOR OPTICAL CONNECTOR

### (57)Abstract:

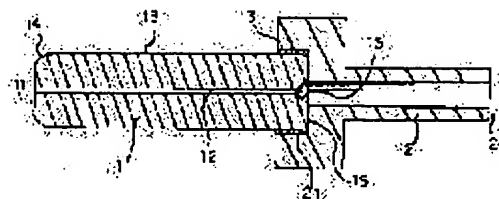
**PURPOSE:** To obviate the occurrence of peeling of adhesion between the outer peripheral surface of a ferrule and a spring mounting member and the fracture of an optical fiber in the ferrule by specifying the surface roughness of the spring material part of the outer peripheral surface of the ferrule to a specific surface.

**CONSTITUTION:** The joint part of the front end face 11 of the ferrule and the outer peripheral part 13 is provided with a sleeve insertion guide 14 and a through-hole 12 is formed in the central axial direction of the ferrule arriving at the rear end face 15 formed with a conical fiber

insertion guide 16 from the front end face 11. Further, the surface roughness Ra of the outer peripheral surface is in a range of  $0.1 < Ra < 25$  and is specified to the

relatively rough surface. The sizes of the ferrule are generally outside diameter

$D = \phi 2.5\text{mm}$ , length  $L = 10.5\text{mm}$ , through-hole  $d = \phi 0.126\text{mm}$  diameter. The reason for making the surface roughness of the outer peripheral surface Ra of the ferrule rougher than 0.1 lies in that the joint area at the time of adhering the surface to the spring mounting part is increased and the joint strength is increased by forming the outer peripheral surface as the rough surface.



---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.07.2000  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number] 3266460  
[Date of registration] 11.01.2002  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The ferrule for optical connectors which is an approximately cylindrical ferrule for optical connectors which has a through tube in order to contain an optical fiber to shaft orientations, and is characterized by setting field granularity of the peripheral face of this ferrule to  $0.1 < Ra < 25$ .

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the ferrule for optical connectors which is used for optical communication etc. and which connects an optical fiber mutually.

[0002]

[Description of the Prior Art] The ferrule for optical connectors fixes and uses the back end for the spring attaching member conventionally. Since the 300-600g force be cost between the spring installation section and the ferrule for optical connectors as the fixed approach when sample the optical plug incorporating the ferrule for optical connectors from the optical adapter incorporating a rate sleeve although press fit, adhesion, insert molding, etc. be mention, with the product on real dealings, the factor of safety be took into consideration and 10kg or more have be make required as fixed reinforcement of the ferrule for optical connectors, and the spring installation section.

[0003] Among the above-mentioned fixed approaches, in adhesion immobilization, since the field granularity of an adhesion side is too small, bonding strength runs short, adhesion exfoliation is produced between this ferrule peripheral face and the ferrule clamp face of this spring installation section, the optical fiber inside a ferrule may fracture at the time of the desorption of an optical plug, the optical transmission which is the important property of an optical connector might become impossible by this, and it might become a big problem.

[0004] Incidentally, the ferrule for optical connectors is JIS. Although the specification is indicated by the part of the F04 type single alignment optical connector (common-name SC ferrule) of C No. 5973, the field granularity of a peripheral face is not specified. However, the field granularity of the product on real dealings was a 0.01 or less Ra thing.

[0005] Thus, the reason for having made field granularity small is as follows. When field granularity became large and it put into a rate sleeve, it was thought that an insertion loss became large. In addition, it sets in the industry and he is a ferrule manufacture -> connector firm... Since it was supplied with the -> equipment-manufacturer -> telephone company, it is thought that it is because the appearance demand of each company became severe. And even if it made it the insertion loss and made it the appearance demand, it was the superfluous spec. produced by the system in such the industry.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In view of the above, this invention set field granularity of the peripheral face of the ferrule for optical connectors to  $0.1 < Ra < 25$ .

[0007]

[Function] In the ferrule for optical connectors, since the field granularity of a peripheral face is  $Ra > 0.1$ , the area of a plane of composition with the spring installation section becomes large, and, as for that of this invention constituted like the above, the fixed force by adhesives increases remarkably. Moreover, since the field granularity of the above-mentioned peripheral face is  $Ra < 25$ , adhesives turn to the peripheral face of a ferrule uniformly. In addition, when the above-mentioned field granularity is larger than  $Ra25$ , it becomes a split face below \*\* finishing. Therefore, a front face will be too coarse and an

air space will arise, without adhesives' fully turning and being full.

[0008]

[Example] Hereafter, drawing explains this invention example. Drawing 1 is the sectional view of the ferrule F for optical connectors concerning the example of this invention (it is hereafter called a ferrule for short), and the through tube 12 is formed in the direction of a medial axis of the ferrule F which reaches the back end side 15 which formed the sleeve insertion guide 14 in the bond part of the ferrule apical surface 11 and the periphery section 13, and formed the conic fiber insertion guide 16 from the apical surface 11. Furthermore, the range of the field granularity of a peripheral face is  $0.1 < Ra < 25$ , and it is comparatively made into the split face.

[0009] As size of this ferrule F, outer-diameter  $D = \phi$  of 2.5mm, die length of  $L = 10.5$ mm, and the thing of  $\phi$  of 0.126mm of through tube  $d = \phi$  are the most common, and ceramics, such as a zirconia and an alumina, glass, plastics, a metal, etc. can apply the quality of the material. Moreover, the quality of the material of the spring installation section 2 can also apply the ceramics, glass, plastics, a metal, etc.

[0010] Thus, when the reason for making field granularity of a peripheral face into a field coarser than  $Ra0.1$  in the ferrule F constituted makes a peripheral face a split face comparatively, a plane-of-composition product with the adhesives at the time of carrying out adhesion immobilization with the spring installation section 2 increases, and, thereby, bonding strength becomes remarkably large. In addition, although a plane-of-composition product with the adhesives at the time of carrying out adhesion immobilization similarly by lengthening the die length of the ferrule fitting section 21 of the spring attaching member 2 increases and bonding strength can be enlarged, since for that specification of the die length from the end face 23 of the spring attaching member 2 to the ferrule apical surface 11 is usually carried out to 7.95-8.00, the overall length of a ferrule 1 must be lengthened. However, if the total die length of a ferrule 1 is lengthened, it will become the increase of cost of ferrule 1 production.

[0011] Thus, by making field granularity of a periphery into a field coarser than  $Ra0.1$  Paste up the spring installation section 2 on this ferrule with adhesives 3, and the glory fiber is pasted up. After assembling to the optical plug equipped with housing, a spring, a rubber boot, etc., Even if it repeated insertion and sampling to the optical connector equipped with a rate sleeve, adhesion exfoliation arose between the peripheral face 13 of this ferrule, and the ferrule clamp face 21 of the spring installation section, and it was lost that the optical fiber of the ferrule 1 interior fractures at the time of the desorption of an optical plug.

[0012] Furthermore, since the periphery polish process which the conventional time amount requires by making field granularity of a peripheral face coarser than  $Ra0.1$  could not be performed but it finished only with the grinding operation, the manufacturing cost was able to be reduced sharply.

[0013] Next, the reason for setting field granularity of a peripheral face to  $Ra < 25$  in Ferrule F is as follows. That is, although being [ the field granularity of the above-mentioned peripheral face /  $Ra < 25$  ] \*\*\*\*\* turns to the peripheral face of a ferrule uniformly, when the above-mentioned field granularity is larger than  $Ra25$ , a front face will be too coarse and an air space will arise, without adhesives' fully turning and being full.

[0014] In addition, in order to check the effectiveness of this invention, after producing partly the ferrule F which made the peripheral face said field granularity within the limits and performing the spalling test of 500 cycles in  $-40$  to  $+85$ -degree-C and 1 cycle 1 hour using these, although the desorption test was performed, fracture of the optical fiber of the ferrule 1 interior was not produced.

[0015] Drawing 2 is the sectional view of Ferrule F showing the other examples of this invention, and showed the same sign to the same member as drawing 1.

[0016] this ferrule F makes small the edge surface diameter of the apical surface 11 of the ferrule F of drawing 1, and is adhesives at the spring installation section 2 -- the ball 22 was formed, it is made for adhesives 3 not to begin to see from the end face 23 of the spring installation section 2, and the engine performance was not inferior in them at all compared with the ferrule F of drawing 1.

[0017] It experimented by the approach shown in one or less example of an experiment. Outer-diameter  $D = \phi$  of 2.5mm of a zirconia ferrule, die length of  $L = 10.5$ mm, Each sample of  $Ra$  0.05, 0.08, 0.11, 0.25, and 0.50 is made from 0.126mm of through tube  $d = \phi$  for the field granularity of a peripheral

face. After fixing the metal spring installation section 2 to each posterior part with the epoxy system adhesives 3, it let the superhard pin 4 pass from the spring installation section back end, and as shown in drawing 3, the load in case a ferrule 1 escapes from and comes out of the spring installation section 2 was measured, having applied Load T from the posterior part. The result is shown in Table 1.

[0018]

[Table 1]

外周面粗さ	数量	平均荷重(X)	ばらつき $\sigma$	$X - 3 \sigma$
R a	個	K g	K g	K g
0. 0 5	5 0	1 6. 8	2. 8 3	8. 3 1
0. 0 8	5 0	1 8. 3	2. 7 8	9. 9 6
0. 1 1	5 0	2 1. 1	2. 4 9	1 3. 6 3
0. 2 5	5 0	2 3. 0	2. 1 2	1 6. 6 4
0. 5 0	5 0	2 5. 4	1. 7 4	2 0. 1 8

[0019] As a result is shown in Table 1 and the field granularity of a peripheral face becomes coarse, an average load becomes large and dispersion becomes smaller.

[0020] 0.3% of substandard arises out of range [  $^{**}(\text{average})3\sigma$  (dispersion) ] on statistics. With field roughness coarser than Ra0.11, the bonding strength of 10kg or more was checked as a result of this experiment.

[0021] Each sample of Ra 10, 20, and 30 was made from outer-diameter  $D=\phi$  of 2.5mm of an example of experiment 2 zirconia ferrule, die length of  $L=10.5\text{mm}$ , and 0.126mm of through tube  $d=\phi$  for the field granularity of a peripheral face, and after fixing the metal spring installation section 2 to each posterior part with the epoxy system adhesives 3, the load in case a ferrule 1 escapes from and comes out of the spring installation section 2 like the example 1 of an experiment was measured. The result is shown in Table 2.

[0022]

[Table 2]

外周面粗さ	数量	平均荷重(X)	ばらつき $\sigma$	$X - 3 \sigma$
R a	個	K g	K g	K g
1 0	5 0	2 3. 8	2. 6 5	1 5. 8 4
2 0	5 0	2 2. 4	2. 9 2	1 3. 6 2
3 0	5 0	2 0. 5	3. 7 5	9. 2 3

[0023] When the above-mentioned field granularity was larger than Ra25, the load when a ferrule 1 falling out and coming out became small so that clearly from Table 2. The front face of a ferrule 1 was too coarse as the reason, and it was checked that the air space had arisen without adhesives' fully turning and being full.

[0024]

[Effect of the Invention] In the approximately cylindrical ferrule for optical connectors with the through tube of the shaft orientations which contain an optical fiber like the above statement according to the invention in this application At least the field granularity of the spring installation section among the peripheral faces of this ferrule by considering as the ferrule structure for optical connectors made into the field coarser than Ra0.1 After assembling to the optical plug which carried out adhesion immobilization of this ferrule at the spring attaching member, pasted up the glory fiber, and equipped with housing, the spring, the rubber boot, etc., even if it repeats insertion and sampling to the optical connector equipped with a rate sleeve Adhesion exfoliation arises between the peripheral face of a ferrule, and a spring attaching member, or the optical fiber inside a ferrule does not fracture at the time of the desorption of an optical plug.

[0025] Moreover, since the polish process could be skipped and it was finished only with the grinding operation, the manufacturing cost has been reduced sharply.

---

[Translation done.]

(11)特許出願公開番号

特開平9-15449

(43)公開日 平成9年(1997)1月17日

### 技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 5 頁)

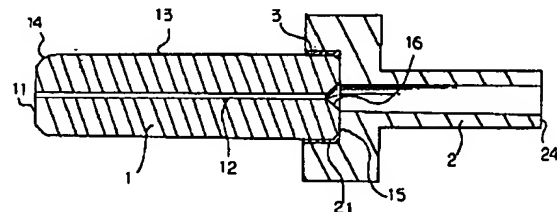
北海道北見市豊地30番地 京セラ株式会社  
北海道北見工場内

(54) 【発明の名称】 光コネクタ用フェルール

(57) 【要約】

【目的】フェルールにバネ取り付け部を接着し、その後光ファイバを接着し、ハウジング、バネ、ゴムブーツ等を装着した光プラグに組立てた後、割スリーブを装着した光コネクタに挿入、抜き取りを繰り返しても該フェルールの外周面とバネ取り付け部のフェルール取り付け面との間に接着剥離が生じず、また光プラグの脱着時にフェルール内部の光ファイバが破断することがない。また、研磨工程を省くことが出来、研削工程のみで仕上げられるので、製造原価を大幅に低減することを目的とする。

【構成】光ファイバを収納する軸方向の貫通孔を有した略円筒状の光コネクタ用フェルールにおいて、該フェルールの外周面の面粗さを $0.1 < R_a < 2.5$ の範囲とした。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】軸方向に光ファイバを収納するべく貫通孔を有する略円筒状の光コネクタ用フェルールであって、該フェルールの外周面の面粗さを $0.1 < R_a < 25$ としたことを特徴とする光コネクタ用フェルール。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信等に使用される、光ファイバを相互に接続する光コネクタ用フェルールに関するものである。

【0002】

【従来の技術とその課題】従来より光コネクタ用フェルールは、その後端をバネ取り付け部材に固定して用いている。固定方法としては、圧入、接着、インサート成形等が挙げられるが、光コネクタ用フェルールを組み込んだ光プラグを割スリーブを組み込んだ光アダプタから抜き取るときに、バネ取り付け部と光コネクタ用フェルールとの間には300～600グラムの力がかかるので、実取引上の製品では安全率を勘案して光コネクタ用フェルールとバネ取り付け部の固定強度として10キログラム以上が必要であるとされてきた。

【0003】上記の固定方法のうち接着固定の場合、接着面の面粗さが小さすぎる為に接合強度が不足し、該フェルール外周面と該バネ取り付け部のフェルール取り付け面との間で接着剥離を生じ光プラグの脱着時にフェルール内部の光ファイバが破断する事があり、これにより光ファイバコネクタの重要な特性である光伝送が不可能となり大きな問題になることがあった。

【0004】因みに、光コネクタ用フェルールは、JIS C5973号のF04形単心光ファイバコネクタ（通称SCフェルール）の箇所ですべての規格が記載されているが、外周面の面粗さは規定されていない。しかしながら、実取引上の製品は面粗さが $R_a 0.01$ 以下のものであった。

【0005】このように面粗さを小さくしていた理由は次のとおりである。面粗さが大きくなると割スリーブに入れた時に、挿入損失が大きくなると考えられていた。これに加えて、業界においてフェルール製造→コネクタ会社→機器メーカー→電話会社と納入されていたため各社の外観要求が厳しくなったためであると考えられる。そして、挿入損失にしても外観要求にしてもこのような業界でのシステムで生み出された過剰なスペックであった。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記に鑑みて本発明は、光コネクタ用フェルールの外周面の面粗さを $0.1 < R_a < 25$ とした。

【0007】

【作用】前記の如く構成される本発明のは光コネクタ用フェルールは、外周面の面粗さが $R_a > 0.1$ であるの

で、バネ取り付け部との接合面の面積が大きくなり接着剤による固定力が著しく増大する。また、上記外周面の面粗さが $R_a < 25$ であるので接着剤がフェルールの外周面にむらなく回り込む。なお上記面粗さが $R_a 25$ より大きい場合、▽仕上げ以下の粗面となる。よって表面が粗すぎ、接着剤が十分に回りこまずに空気層が生じてしまう。

【0008】

【実施例】以下、本発明実施例を図によって説明する。図1は本発明の実施例に係る光ファイバコネクタ用フェルール（以下、フェルールと略称する）Fの断面図で、フェルール先端面11と外周部13とのつなぎ部分にスリーブ挿入ガイド14を設け、また先端面11から円錐状のファイバ挿入ガイド16を形成した後端面15に至るフェルールFの中心軸方向に貫通孔12が形成されている。さらに、外周面の面粗さは $0.1 < R_a < 25$ の範囲であり比較的粗面にしてある。

【0009】このフェルールFのサイズとして、外径 $D = \phi 2.5 \text{ mm}$ 、長さ $L = 10.5 \text{ mm}$ 、貫通孔 $d = \phi 0.126 \text{ mm}$ のものが最も、が一般的であり、また材質はジルコニア、アルミナ等のセラミックス、ガラス、プラスチック、そして金属等が適用可能である。又、バネ取り付け部2の材質もセラミックス、ガラス、プラスチック、及び金属等が適用できる。

【0010】このように構成されるフェルールFにおいて外周面の面粗さを $R_a 0.1$ よりも粗い面にする理由は、外周面を比較的粗面にする事によりバネ取り付け部2と接着固定する際の接着剤との接合面積が増大し、これにより接合強度が著しく大きくなる。なお、バネ取り付け部材2のフェルール嵌合部21の長さを長くすることによって同様に接着固定する際の接着剤との接合面積が増大し接合強度を大きくすることができるとは、このためにはバネ取り付け部材2の端面23からフェルール先端面11までの長さが通常7.95～8.00と規格されているので、フェルール1の全長を長くしなければならない。しかしながら、フェルール1の全長を長くするとフェルール1作製のコスト増となってしまう。

【0011】このように、外周の面粗さを $R_a 0.1$ よりも粗い面とすることによって、該フェルールにバネ取り付け部2を接着剤3で接着し、その後光ファイバを接着し、ハウジング、バネ、ゴムブーツ等を装着した光プラグに組立てた後、割スリーブを装着した光コネクタに挿入、抜き取りを繰り返しても該フェルールの外周面13とバネ取り付け部のフェルール取り付け面21との間に接着剥離が生じ、光プラグの脱着時にフェルール1内部の光ファイバが破断することがなくなった。

【0012】さらに、外周面の面粗さを $R_a 0.1$ よりも粗くすることにより、従来の時間のかかる外周研磨工程を行わず、研削工程のみで仕上げる事が出来るので、製造原価を大幅に低減することができた。

【0013】次に、フェルールFにおいて外周面の面粗さを $Ra < 2.5$ とする理由は以下のとおりである。すなわち、上記外周面の面粗さが $Ra < 2.5$ であるのは接着剤がフェルールの外周面にむらなく回り込むが、上記面粗さが $Ra 2.5$ より大きい場合、表面が粗すぎ、接着剤が十分に回りこまずに空気層が生じてしまう。

【0014】なお、本発明の有効性を確認するため外周面を前記面粗さ範囲内としたフェルールFを数個作製しこれらを用いて $-40 \sim +85^{\circ}\text{C}$ 、1サイクル1時間で500サイクルの熱衝撃試験を行った後、脱着テストを行ってみたがフェルール1内部の光ファイバの破断は生じなかった。

【0015】図2は本発明の他実施例を示すフェルールFの断面図であり、図1と同一部材には同一符号を示した。

【0016】このフェルールFは、図1のフェルールFの先端面11の端面径を小さくし、又バネ取り付け部2

に接着剤だまり22を設け、接着剤3がバネ取り付け部2の端面23からはみ出さないようにしたものであり、図1のフェルールFと比べて性能は全く劣っていなかった。

#### 【0017】実験例1

以下に示す方法で実験を行った。ジルコニアフェルールの外径 $D = \phi 2.5\text{mm}$ 、長さ $L = 10.5\text{mm}$ 、貫通孔 $d = \phi 0.126\text{mm}$ で外周面の面粗さを $Ra 0.05, 0.08, 0.11, 0.25, 0.50$ の各サンプルを作り、各々の後部に金属製のバネ取り付け部2をエポキシ系接着剤3で固定した後、バネ取り付け部後端から超硬ピン4を通して、図3に示すようにその後部から荷重 $T$ をかけてフェルール1がバネ取り付け部2から抜け出る時の荷重を測定した。その結果を表1に示す。

#### 【0018】

【表1】

外周面粗さ	数量	平均荷重(X)	ばらつき $\sigma$	$X - 3\sigma$
Ra	個	Kg	Kg	Kg
0.05	50	16.8	2.83	8.31
0.08	50	18.3	2.78	9.96
0.11	50	21.1	2.49	13.63
0.25	50	23.0	2.12	16.64
0.50	50	25.4	1.74	20.18

【0019】結果は表1に示すように、外周面の面粗さが粗くなればなるほど平均荷重は大きくなり、ばらつきは小さくなる。

【0020】統計学上、(平均値) $\pm 3 \times$ (ばらつき)の範囲外に0.3%の規格外が生じる。この実験の結果 $Ra 0.11$ より粗い面粗度では10キログラム以上の接合強度が確認された。

#### 【0021】実験例2

ジルコニアフェルールの外径 $D = \phi 2.5\text{mm}$ 、長さ $L$

$= 10.5\text{mm}$ 、貫通孔 $d = \phi 0.126\text{mm}$ で外周面の面粗さを $Ra 1.0, 2.0, 3.0$ の各サンプルを作り、各々の後部に金属製のバネ取り付け部2をエポキシ系接着剤3で固定した後、実験例1と同様にフェルール1がバネ取り付け部2から抜け出る時の荷重を測定した。その結果を表2に示す。

#### 【0022】

【表2】

外周面粗さ	数量	平均荷重(X)	ばらつき $\sigma$	$X - 3\sigma$
Ra	個	Kg	Kg	Kg
10	50	23.8	2.65	15.84
20	50	22.4	2.92	13.62
30	50	20.5	3.75	9.23

【0023】表2から明らかなように、上記面粗さがRa25より大きい場合には、フェルール1が抜け出る時の荷重が小さくなった。その理由としてフェルール1の表面が粗すぎ、接着剤が十分に回りこまずに空気層が生じてしまっていたことが確認された。

【0024】

【発明の効果】叙上のように、本願発明によれば光ファイバを収納する軸方向の貫通孔を有した略円筒状の光コネクタ用フェルールにおいて、該フェルールの外周面の内、少なくともバネ取り付け部の面粗さを、Ra0.1よりも粗い面とした光ファイバコネクタ用フェルール構造とすることにより、該フェルールをバネ取り付け部材に接着固定し、その後光ファイバを接着し、ハウジング、バネ、ゴムブーツ等を装着した光プラグに組立てた後、割スリーブを装着した光コネクタに挿入、抜き取りを繰り返しても、フェルールの外周面とバネ取り付け部材との間に接着剥離が生じたり、光プラグの脱着時にフェルール内部の光ファイバが破断することなどない。

【0025】また、研磨工程を省くことが出来、研削工程のみで仕上げられるので、製造原価を大幅に低減できた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の光コネクタ用フェルールにバネ取り付け部を固定したものを示す断面図である。

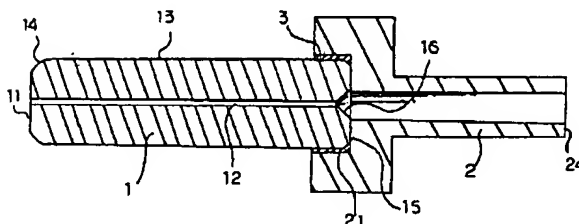
【図2】本発明他実施例の光コネクタ用フェルールにバネ取り付け部を固定したものを示す断面図である。

【図3】本発明の光コネクタ用フェルールとバネ取り付け部との接合強度の測定方法を示す概要図である。

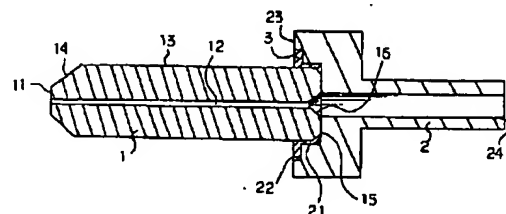
【符号の説明】

- 1 フェルール
- 2 バネ取り付け部材
- 3 接着剤
- 4 超硬ピン
- 11 先端面
- 12 貫通孔
- 13 外周部
- 14 スリーブ挿入ガイド
- 15 後端面
- 16 光ファイバ挿入ガイド
- 21 フェルール嵌合部
- 22 接着剤だまり
- 23 端面

【図1】



【図2】



(5)

特開平9-15449

【図3】

